

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 56 339 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
H 01 P 5/02

⑳ Aktenzeichen: 198 56 339.6
㉑ Anmeldetag: 7. 12. 1998
㉒ Offenlegungstag: 8. 6. 2000

DE 198 56 339 A 1

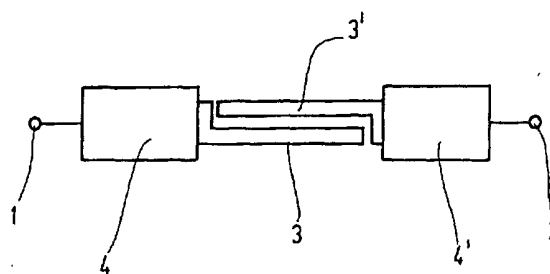
㉓ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉔ Erfinder:
Meier, Thomas, Dr., 12557 Berlin, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Mikrowellen-Koppelement

⑤⑦ Ein Mikrowellen-Koppelement zur Kopplung einer Eingangsleitung (1) mit einer Ausgangsleitung (2), die jeweils einen festgelegten Leitungs-Wellenwiderstand R_L haben, weist einen Koppelabschnitt mit einer ersten, mit der Eingangsleitung verbundenen Streifenleitung (3) und einer zweiten, dazu parallelen und von der ersten Streifenleitung (3) galvanisch entkoppelten zweiten Streifenleitung (3'), wobei Leiterbreite und/oder Leiterabstand der Streifenleitungen (3, 3') bis zu zweimal so groß sind wie die/der zur Erzielung einer minimalen Fehlanpassung mit der Eingangs- und Ausgangsleitung optimale Leiterbreite beziehungsweise Leiterabschnitt, und wobei zur Kompensation der daraus resultierenden Fehlanpassung wenigstens eine Transformationsleitung (4, 4') vorgesehen ist, deren Wellenwiderstand R_T kleiner ist als der Leitungs-Wellenwiderstand R_L . Dadurch können bei geringer Einfügungsdämpfung im Vergleich mit herkömmlichen Koppelementen größere Strukturbreiten der Streifenleitungen des Koppelabschnitts realisiert werden, wodurch die Herstellungskosten gesenkt werden.



DE 198 56 339 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Mikrowellen-Koppelement zur Kopplung einer Eingangsleitung mit einer Ausgangsleitung, die jeweils einen festgelegten Leitungswiderstand aufweisen.

Stand der Technik

Mittels eines parallelen Streifenleitungspaares realisierte Koppelemente und Bandpassfilter sind in der Mikrowellentechnik allgemein üblich und in der Literatur beschrieben. Derartige Streifenleiter-Koppelemente weisen zwei parallele, galvanisch entkoppelte Streifenleiter mit einer Länge von jeweils $\lambda/4$ auf, wobei λ die effektive Nenn-Wellenlänge der mit dem Koppelement zu übertragenden Mikrowellen ist. Mit Hilfe der Richards-Transformation, beispielsweise beschrieben in Zinke, Brunswig "Lehrbuch der Hochfrequenztechnik", 1990, Seite 206 bis 211 lassen sich derartige gekoppelte $\lambda/4$ -Leitungen durch ein Ersatzschaltbild beschreiben, das eine zwischen zwei Kondensatoren angeordnete $\lambda/4$ -Koaxialleitung mit einem Wellenwiderstand Z_L enthält. Ein ideales kapazitives Koppelement mit minimaler Einfügungsdämpfung läßt sich dann realisieren, wenn der Wellenwiderstand Z_L der Leitung im Ersatzschaltbild gleich dem Wellenwiderstand der beidseitig angeschlossenen Leitungen, im häufigsten Fall 50Ω , ist. Die Anpassung des Koppelement-Wellenwiderstandes erfolgt durch Wahl einer geeigneten Leiterbreite und eines geeigneten Leiterabstandes. Bei einem angenommenen Leitungs-Wellenwiderstand von 50Ω und für die Anwendung in einem Radar-Frequenzbereich von ungefähr 24 GHz sind dann zum Beispiel bei einem Mikrowellensubstrat mit einer Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r = 3,0$ und einer Substratdicke von $250 \mu\text{m}$ Mikro-streifenleitungen erforderlich, die eine Breite von ca. $90 \mu\text{m}$ und einen Abstand voneinander von ungefähr $60 \mu\text{m}$ aufweisen. Derartige Strukturbreiten und -abstände sind jedoch mittels preiswerter Standard-Leiterplattentechnologie problematisch.

Vorteile der Erfindung

Ein wie in Anspruch 1 definiertes erfindungsgemäßes Mikrowellen-Koppelement weist einen Koppelabschnitt mit einer ersten mit der Eingangsleitung verbundenen Streifenleitung und einer zweiten, zu der ersten Streifenleitung parallelen und zu dieser galvanisch entkoppelten zweiten Streifenleitung auf, wobei Leiterbreite und/oder Leiterabstand der Streifenleitungen (3, 3') bis zu zweimal so groß sind wie die/der zur Erzielung einer minimalen Fehlanpassung mit der Eingangs- und Ausgangsleitung optimale Leiterbreite beziehungsweise Leiterabstand, und wobei zur Kompensation der daraus resultierenden Fehlanpassung wenigstens eine Transformationsleitung vorgesehen ist, deren Wellenwiderstand kleiner als der Leitungs-Wellenwiderstand ist. Der Koppelabschnitt mit größerem Wellenwiderstand läßt sich mit größeren Strukturbreiten und -abständen der beiden parallelen Streifenleitungen und daher mittels preiswerter Standard-Leiterplattentechnologie realisieren. So kann ein sehr preisgünstiges Mikrowellen-Koppelement für den Einsatz im Radarwellenlängenbereich vor allem für die Massenfertigung zum Beispiel im Automobilsektor bereitgestellt werden. Der aus den größeren Strukturbreiten resultierende zu hohe Wellenwiderstand des Koppelabschnitts im Ersatzschaltbild wird durch die hinzugefügte(n) Transformationsleitung(en) kompensiert.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel können zwei Transformationsleitungen vorgesehen sein, die zwischen der Ein-

gangsleitung beziehungsweise der Ausgangsleitung und dem Koppelabschnitt angeordnet sind. Der Einsatz von zwei Transformationsleitungen hat den Vorteil, daß zur Kompensation eines bestimmten höheren Koppelabschnitts-Wellenwiderstandes ein jeweils nicht so kleiner Transformationsleitungs-Wellenwiderstand ausreicht, so daß eine geringere Breite der Transformationsleitung ausreichend ist. Die vorteilhafte Breite einer Streifenleitung wird durch Querresonanzeffekte und dergleichen nach oben hin begrenzt.

Vorzugsweise weisen die beiden Transformationsleitungen eine Länge von zwischen $\lambda/4$ und $\lambda/8$ auf, welcher Bereich einen vorteilhaften Kompromiß zwischen einer möglichst kleinen Gesamtlänge des Bauelements und möglichst günstigen elektrischen Parametern darstellt.

Bei einem Leitungs-Wellenwiderstand von 50Ω weisen die Transformationsleitungen vorteilhaft einen Wellenwiderstand zwischen 30 und 40Ω auf.

Gemäß einer weiteren Variante des erfindungsgemäßen Mikrowellen-Koppelements ist nur eine Transformationsleitung vorgesehen, die eine Länge von ungefähr $\lambda/4$ und einen Wellenwiderstand entsprechend der Hälfte des Leitungs-Wellenwiderstandes aufweisen kann. Diese Variante der Erfindung weist den Vorteil einer geringen Bauelementlänge auf.

Das Streifenleitungspaar weist vorzugsweise eine Länge von $\lambda/4$ auf. Die Breite jeder der beiden Streifenleitungen beträgt vorzugsweise zwischen $150 \mu\text{m}$ und $250 \mu\text{m}$, wobei der Abstand vorzugsweise zwischen $100 \mu\text{m}$ und $200 \mu\text{m}$ ist. Diese Dimensionen lassen sich einfach und preiswert durch Standard-Leiterplattentechnologie realisieren.

Vorzugsweise beträgt die Einfügungsdämpfung bei der Nennfrequenz des Kopplungselements weniger als 1 dB. Dabei weist das erfindungsgemäße Mikrowellen-Koppelement vorzugsweise eine Bandpass-Frequenzcharakteristik auf. Gewünscht ist insbesondere eine hohe Sperrdämpfung für im Verhältnis zur Nennfrequenz niedrige Frequenzen, um Störungen durch digitale Steuerpulse und deren höhere Harmonische zu unterdrücken.

Die erfindungsgemäße Mikrowellen-Streifenleitung hat noch den weiteren Vorteil, daß aufgrund des größeren Abstandes der beiden Streifenleiter des Koppelabschnittes die Durchschlagsfestigkeit erhöht ist.

Figuren

Die Erfindung wird im folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im Detail erläutert, in denen

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Mikrowellen-Koppelements zeigt;

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Mikrowellen-Koppelements zeigt;

Fig. 3 den gemessenen Frequenzgang eines erfindungsgemäßen Mikrowellen-Koppelements zeigt

Fig. 4 einen vergrößerten Abschnitt aus Fig. 3 zeigt;

Fig. 5 den berechneten Frequenzgang eines beispielhaften erfindungsgemäßen Mikrowellen-Koppelements im Vergleich zu einem herkömmlichen Koppelement zeigt; und

Fig. 6 den komplexen Reflexionsfaktor der Koppelemente von Fig. 5 zeigt.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Mikrowellen-Koppelements. Lediglich schematisch dargestellt sind die Eingangsleitung 1 und die Ausgangsleitung 2, die jeweils einen festgelegten Leitungs-

Wellenwiderstand R_L , beispielsweise $50\ \Omega$ aufweisen. In der Mitte des Koppellements ist ein Koppelabschnitt mit zwei galvanisch voneinander entkoppelten parallelen Mikrostreifenleitungen 3, 3' angeordnet, wobei die Breite der auf einem Substrat mit einer Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r = 3,0$ und einer Dicke von beispielsweise $250\ \mu\text{m}$ angeordneten Streifenleitungen zwischen $100\ \mu\text{m}$ und $200\ \mu\text{m}$ und der Abstand der beiden Mikrostreifenleitungen voneinander zwischen $150\ \mu\text{m}$ und $250\ \mu\text{m}$ beträgt. Durch diese im Vergleich zum Stand der Technik größeren Abmessungen erfolgt eine unerwünschte Impedanztransformation durch das Koppellement. Ohne zusätzliche Maßnahmen führt diese Impedanztransformation zu einer Zunahme der Eingangs- und Ausgangsreflexionsfaktoren und infolgedessen zu einer Zunahme der Fehlanpassungsverluste. Um diesen Effekt zu kompensieren, sieht die Erfindung zwei Transformationsleitungen 4, 4' vor, deren Wellenwiderstand kleiner als der Leitungs-Wellenwiderstand ist. Bei einem Leitungs-Wellenwiderstand von $50\ \Omega$ beträgt der Wellenwiderstand der Transformationsleitungen 4, 4' vorzugsweise zwischen 30 und $40\ \Omega$, beispielsweise $35\ \Omega$. Das in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Mikrowellen-Koppellement hat eine sehr geringe Einfügungsdämpfung im Bereich der Nennfrequenz des Koppellements (das heißt der Frequenz, die einer effektiven Wellenlänge gleich der vierfachen Länge der Mikrostreifenleitungen 3, 3' entspricht) auf und zeigt eine ausgeprägte Sperrdämpfung im Bereich niedrigerer Frequenzen.

Die Abmessungen der Transformationsleitungen 4, 4' müssen unter Berücksichtigung einer maximal möglichen Strukturbreite der Mikrostreifenleitungen, die durch Resonanzeffekte beschränkt ist, und einer wünschenswerten kompakten, insbesondere kurzen Bauweise des gesamten Bauelementes gewählt werden. Eine Länge der Transformationsleitungen 4, 4' im Bereich zwischen $\lambda/4$ und $\lambda/8$, insbesondere $0,65 \times \lambda/4$ hat sich dabei als vorteilhaft herausgestellt.

Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Mikrowellen-Koppellements. Im Unterschied zu dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist nur eine Transformationsleitung 4 vorgesehen. Diese Variante ermöglicht daher besonders kompakte Bauelementabmessungen.

Fig. 3 zeigt den gemessenen Frequenzgang eines Beispiels eines erfindungsgemäßen Mikrowellen-Koppellements. Die Nennfrequenz beträgt ungefähr $24\ \text{GHz}$. Wie Fig. 3 zu entnehmen ist, zeigt das Koppellement eine ausgeprägte Bandpasscharakteristik mit einem breiten Durchlaßmaximum im Bereich zwischen ungefähr 21 und $27\ \text{GHz}$. Zu niedrigeren Frequenzen hin zeigt sich eine deutliche Sperrdämpfung, die zur Unterdrückung von durch Digital-Steuersignale und deren Harmonische hervorgerufenen Hochfrequenzstörsignalen erwünscht ist.

Fig. 4 zeigt in vergrößertem Maßstab den Frequenzbereich zwischen $20\ \text{GHz}$ und $28\ \text{GHz}$. Man erkennt, daß die Einfügungsdämpfung in der Nähe der Nennfrequenz von $24\ \text{GHz}$ kleiner als $0,5\ \text{dB}$ ist.

Fig. 5 zeigt den simulierten Frequenzgang eines erfindungsgemäßen Koppellements mit einem Koppelabschnitt, dessen Mikrostreifenleitungen eine Länge von $2,5\ \text{mm}$, eine Breite von $0,1\ \text{mm}$ und einen Abstand von $0,23\ \text{mm}$ aufweisen, als durchgezogene Linie und mit Kreisymbolen dargestellt. Wiederum ist die Bandpasscharakteristik gut zu erkennen. Mit punktierter Linie und dreieckförmigen Symbolen ist als Referenzbeispiel dazu ein herkömmliches Koppellement ohne Transformationsleitung mit $2,5\ \text{mm}$ langen und $0,1\ \text{mm}$ breiten Leitungen, die einen Abstand von $0,06\ \text{mm}$ voneinander haben, dargestellt. Man

erkennt die im Vergleich zum erfindungsgemäßen Koppellement wesentlich flachere Frequenzcharakteristik.

In Fig. 6 sind Simulationen des komplexen Reflexionsfaktors für die beiden Koppellemente von Fig. 5 dargestellt. Das erfindungsgemäße Koppellement ist wiederum durch eine durchgezogene Linie und kreisförmige Symbole, das herkömmliche Koppellement durch eine punktierte Linie und dreieckige Symbole symbolisiert. Beide Kurven laufen im Uhrzeigersinn, das heißt sie starten bei 1 nahe 360° im Leerlaufpunkt. Während die Ortskurve des nach dem Stand der Technik dimensionierten Koppellements (punktiert) gleichmäßig nach innen läuft (zu erkennen an den nahezu äquidistanten Markerpunkten), verläuft die Ortskurve des erfindungsgemäßen Koppellements länger entlang des Außenkreises, um dann schnell (innerhalb von zwei Markerpunkten) nach innen zu gehen. Nach einem Beinahe-Nulldurchgang im Bereich der Nennfrequenz von $24\ \text{GHz}$ läuft die durchgezogene Kurve wieder nach außen, was wiederum die schon in Fig. 5 dargestellte Bandpassstruktur zeigt.

Mit dem erfindungsgemäßen Mikrowellen-Koppellement sind günstige elektrische Parameter mittels großen und somit preiswert herzustellenden Strukturabmessungen möglich.

Patentansprüche

1. Mikrowellen-Koppellement zur Kopplung einer Eingangsleitung (1) mit einer Ausgangsleitung (2) mit jeweiligen Leitungs-Wellenwiderständen R_L , mit einem Koppelabschnitt mit einer ersten, mit der Eingangsleitung (1) verbundenen Streifenleitung (3) und einer zweiten, dazu parallelen und galvanisch von der ersten Streifenleitung (3) entkoppelten zweiten Streifenleitung (3'), wobei Leiterbreite und/oder Leiterabstand der Streifenleitungen (3, 3') bis zu zweimal so groß sind wie die/der zur Erzielung einer minimalen Fehlanpassung mit der Eingangs- und Ausgangsleitung optimale Leiterbreite beziehungsweise Leiterabstand, und wobei zur Kompensation der daraus resultierenden Fehlanpassung wenigstens eine Transformationsleitung (4, 4') vorgesehen ist, deren Wellenwiderstand R_T kleiner ist als der Leitungs-Wellenwiderstand R_L .
2. Mikrowellen-Koppellement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Transformationsleitungen (4, 4') vorgesehen sind, die jeweils zwischen Eingangsleitung (1) beziehungsweise Ausgangsleitung (2) und dem Koppelabschnitt (3, 3') angeordnet sind.
3. Mikrowellen-Koppellement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei Transformationsleitungen (4, 4') eine Länge zwischen $\lambda/4$ und $\lambda/2$ haben, wobei λ die Nenn-Wellenlänge des Mikrowellen-Koppellements ist.
4. Mikrowellen-Koppellement nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingangs- und Ausgangsleitung (1, 2) einen Wellenwiderstand von $R_L = 50\ \Omega$ und die Transformationsleitungen (4, 4') einen Wellenwiderstand von jeweils zwischen $30\ \Omega$ und $40\ \Omega$, vorzugsweise ungefähr $35\ \Omega$ aufweisen.
5. Mikrowellen-Koppellement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine einzige Transformationsleitung (4) mit einer Länge von ungefähr $\lambda/4$ und einem Wellenwiderstand $R_T = 1/2 R_L$ vorgesehen ist, wobei λ die Nenn-Wellenlänge des Mikrowellen-Koppellements ist.
6. Mikrowellen-Koppellement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die parallelen Streifenleitungen (3, 3') des Koppelabschnitts

eine Länge von $\lambda/4$ aufweisen, wobei λ die Nennwellenlänge des Mikrowellen-Koppelements ist.

7. Mikrowellen-Koppelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Streifenleitungen (3, 3') des Koppelabschnitts eine Breite von jeweils 150 μm bis 250 μm aufweisen. 5

8. Mikrowellen-Koppelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Streifenleitungen (3, 3') des Koppelabschnitts einen Abstand von zwischen 100 μm und 200 μm voneinander aufweisen. 10

9. Mikrowellen-Koppelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Einfügungsdämpfung bei der Nennfrequenz des Koppelements geringer als ein Dezibel ist. 15

10. Mikrowellen-Koppelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Koppelement eine Bandpass-Frequenzcharakteristik aufweist.

11. Mikrowellen-Koppelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Koppelement eine starke Sperrdämpfung für im Verhältnis zur Nennfrequenz niedrige Frequenzen aufweist. 20

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

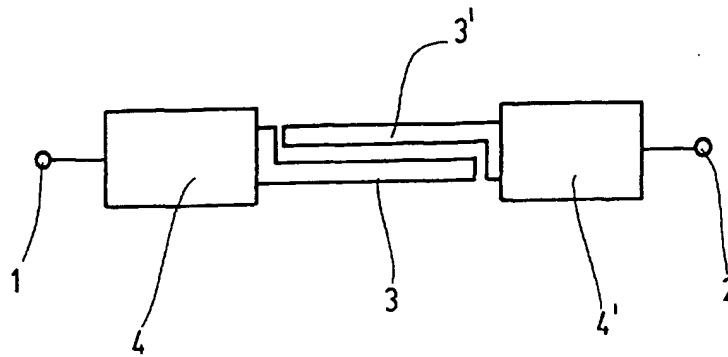


Fig. 1

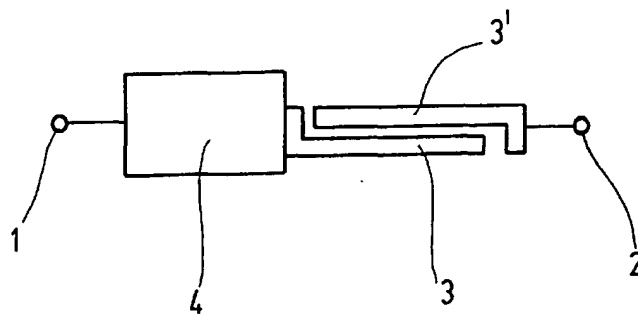


Fig. 2

Fig. 3

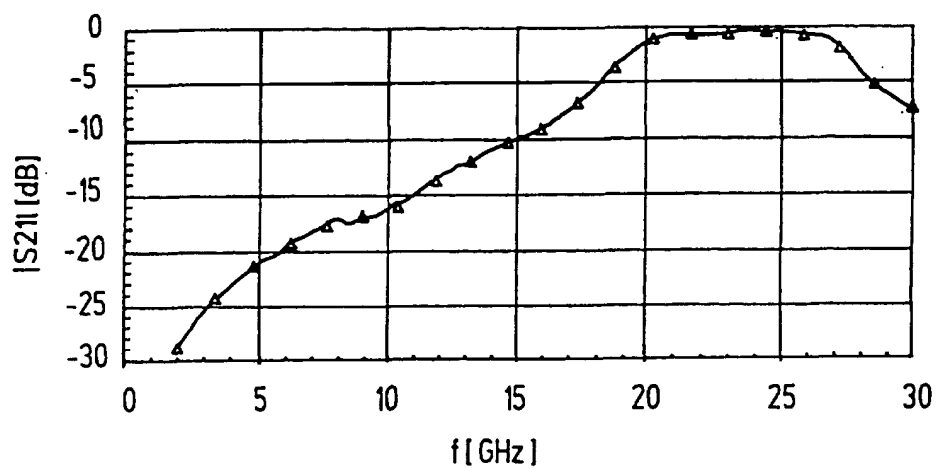


Fig. 4

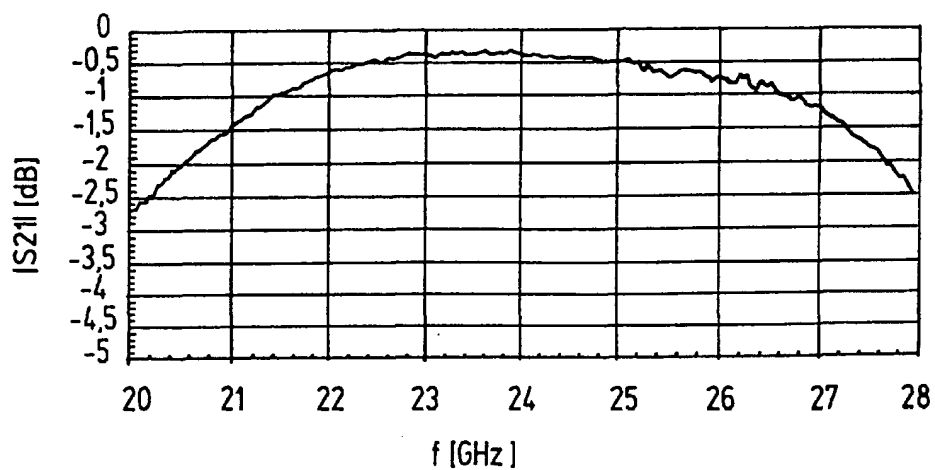


Fig. 5

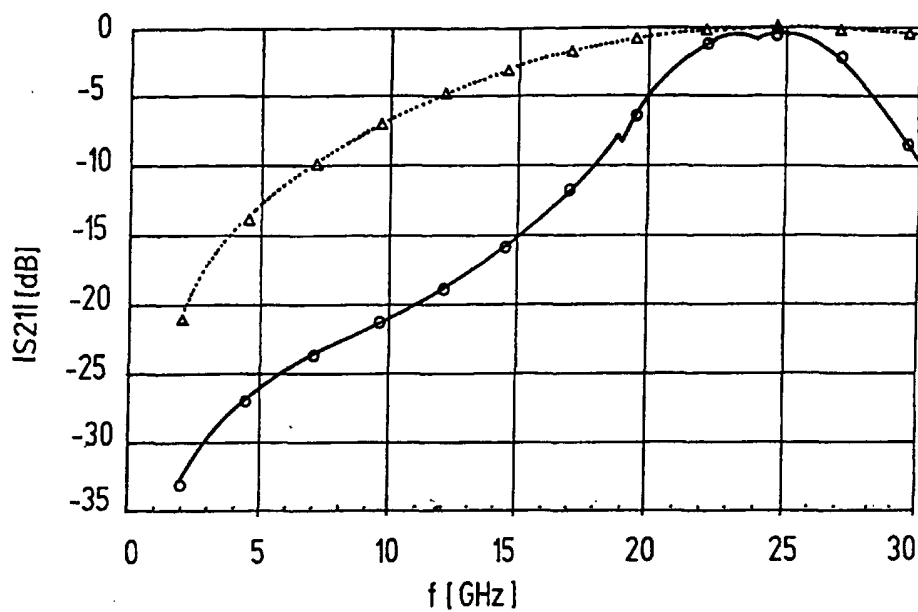


Fig. 6

